

CLIPPEDIMAGE= JP408167588A

PAT-NO: JP408167588A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 08167588 A

TITLE: PLASMA TREATMENT DEVICE AND PLASMA MONITORING  
DEVICE

PUBN-DATE: June 25, 1996

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

MISONOO, MORIO

ENDO, KATSUHIKO

MUROYAMA, MASAKAZU

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SONY CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06307259

APPL-DATE: December 12, 1994

INT-CL (IPC): H01L021/3065;G06T007/00 ;H01L021/31  
;H05H001/46

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide a plasma treatment device which is  
capable of uniformly  
treating the surface of a specimen with plasma.

CONSTITUTION: A plasma treatment device is equipped with an  
auxiliary coil 15  
which forms an auxiliary magnetic field inside a reaction  
chamber 11 is  
provided, and a plasma monitoring device is equipped with a  
plasma monitoring  
means 2 which observes the density and distribution of  
plasma in a monitoring  
region on the treatment surface 10a of a specimen 10 and a  
comparison means 19  
equipped with a memory means 18. The monitoring means 2  
and the current

control means 16 of the auxiliary coil 15 are connected to the comparison means 19. The memory means 18 stores the standard distribution of plasma density in the same process. The comparison means 19 obtains a correcting current which is applied to the auxiliary coil 15 to set plasma density inside the reaction chamber 11 equal to that of standard distribution comparing the distribution of plasma density obtained through the plasma monitoring means 2 with the standard distribution and indicates the above correcting current to the current control means 16.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-167588

(43) 公開日 平成8年(1996)6月25日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/3065

G 0 6 T 7/00

H 0 1 L 21/31

C

H 0 1 L 21/ 302

E

G 0 6 F 15/ 62

4 0 0

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平6-307259

(22) 出願日 平成6年(1994)12月12日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 御園生 守男

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 遠藤 勝彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72) 発明者 室山 雅和

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

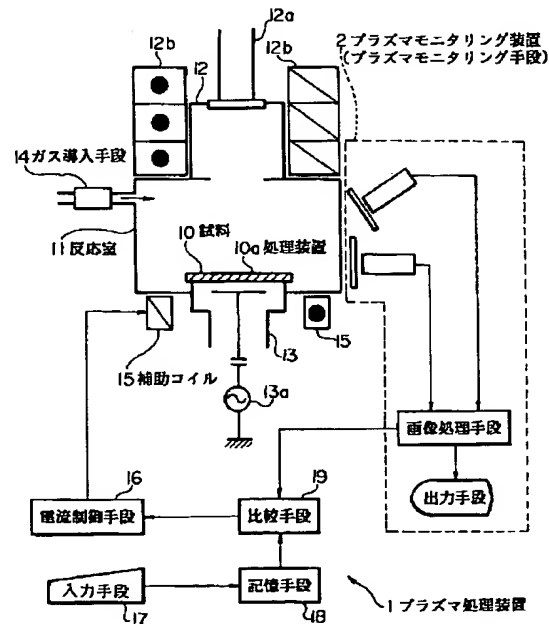
(74) 代理人 弁理士 船橋 國則

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマモニタリング装置

(57) 【要約】

【目的】 試料の処理表面で均一なプラズマ処理を行えるプラズマ処理装置を提供する。

【構成】 反応室11内に補助磁場を形成するための補助コイル15が備えられたものであり、試料10の処理表面10a上のモニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態を観察するプラズマモニタリング手段2と、記憶手段18を有する比較手段19とを備えている。比較手段19には、プラズマモニタリング手段2と補助コイル15の電流制御手段16が接続されている。記憶手段18は、同一プロセスにおけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶するものである。比較手段19は、プラズマモニタリング手段2から得られたプラズマ密度の分布状態と基準分布状態とを比較して反応室内のプラズマを基準分布状態にするために補助コイル15に流す補正電流値を求め、この補正電流値を電流制御手段16に指示するものである。



第1実施例のプラズマ処理装置の構成図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反応室内に補助磁場を形成するための補助コイルを備えたプラズマ処理装置において、前記反応室内に配置される試料の処理表面上に設定したモニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態を観察するプラズマモニタリング手段と、

同一プロセスでの前記モニタ領域におけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶させる記憶手段と、

前記プラズマモニタリング手段と前記記憶手段とに接続され、当該プラズマモニタリング手段から得られたプラズマ密度の分布状態と当該記憶手段に記憶された基準分布状態とを比較し、比較結果に基づいて前記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態を前記基準分布状態に一致させるために前記補助コイルに流す補正電流値を得る比較手段と、

前記比較手段と前記補助コイルとに接続され、前記補正電流値に基づいて当該補助コイルに流す電流を制御する電流制御手段とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 反応室内に補助磁場を形成するための補助コイルを備えたプラズマ処理装置において、前記補助コイルは、前記反応室内の試料を中心にして対向する状態で配置される複数の同極コイルからなり、前記各同極コイルには、当該各同極コイルに流す電流をそれぞれ個別に制御する電流制御手段が接続されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 請求項2記載のプラズマ処理装置において、前記反応室内に配置される試料の処理表面上に設定したモニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態を観察するプラズマモニタリング手段と、

同一プロセスでの前記モニタ領域におけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶させる記憶手段と、

前記プラズマモニタリング手段と前記記憶手段と前記電流制御手段とに接続され、当該プラズマモニタリング手段から得られたプラズマ密度の分布状態と当該記憶手段に記憶された基準分布状態とを比較し、比較結果に基づいて前記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態を前記基準分布状態に一致させるために前記各同極コイルに流す補正電流値を個別に求め、前記電流制御手段に当該各補正電流値を指示する比較手段とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項4】 プラズマ処理を行う反応室内に反応ガスを導入するためのガス導入手段を当該反応室の複数箇所に配置してなるプラズマ処理装置において、前記ガス導入手段には、当該各ガス導入手段から前記反応室内に導入する反応ガスの流量を個別に制御する流量制御手段が接続されていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】 請求項3記載のプラズマ処理装置におい

て、

前記反応室内に配置される試料の処理表面上に設定したモニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態を観察するプラズマモニタリング手段と、

同一プロセスでの前記モニタ領域におけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶させる記憶手段と、

前記プラズマモニタリング手段と前記記憶手段と前記流量制御手段とに接続され、当該プラズマモニタリング手段から得られたプラズマ密度の分布状態と当該記憶手段に記憶された基準分布状態とを比較し、比較結果に基づいて前記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態を前記基準分布状態に一致させるために前記各ガス導入手段から導入する反応ガスの補正流量値を個別に求め、前記流量制御手段に当該各補正流量値を指示する比較手段とを備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】 プラズマ処理を行う反応室内におけるプラズマ密度の分布状態を観察する装置であって、前記反応室内のプラズマから放出される特定の光の波長のみを透過するフィルタが取り付けられると共に、前記反応室内に配置される試料の処理表面上のモニタ領域が視野に入る状態で配置される第1のカメラと、前記第1のカメラと同様のフィルタが取り付けられると共に、前記モニタ領域が視野に入りかつ当該視野が前記第1のカメラの視野と交わる状態で配置される第2のカメラと、

前記第1及び第2のカメラに接続され、当該各カメラからの情報を前記処理表面上のプラズマ密度の分布状態の情報として処理する画像処理手段と、

前記画像処理手段に接続され、前記処理表面上のプラズマ密度の分布状態を表示する出力手段とを備えたことを特徴とするプラズマモニタリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体装置の製造工程で用いられるプラズマ処理装置及び当該プラズマ処理装置に備えられるプラズマモニタリング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体プロセスで用いられるプラズマ処理装置の反応室には、試料を中心にして対向する状態で当該反応室内に反応ガスを導入するガス導入手段が複数配置されている。各ガス導入手段には、当該ガス導入手段から導入する反応ガスの流量を一括して制御する流量制御手段が接続されている。このようなプラズマ処理装置では、各ガス導入手段から反応室内に均等に反応ガスが供給され、各ガス導入手段から導入される反応ガスの流量によって、反応室内のプラズマ密度を制御することができる。

【0003】また、上記のプラズマ処理装置のうち、例えば発散磁場型のECRプラズマ装置のようにプラズマ生成室内で生成されたプラズマを発散磁場によって反応

10

20

30

40

50

室内に供給する装置には、補助コイルが備えられている。この補助コイルは、プラズマ生成室に配置される主コイルに対してミラー磁場を形成するミラーコイルやカスプ磁場を形成するカスプコイルからなる。上記各補助コイルは、それぞれ一連のリング状に形成され試料を中心にして反応室の周囲を囲む状態で配置されている。上記構成のプラズマ処理装置では、各補助コイルに流す電流値を制御することによって反応室内の補助磁界を同心円上で制御し、処理表面に対するプラズマ密度の分布状態と入射方向とを同心円上でそれぞれ変化させることができる。

【0004】一方、上記反応室内のプラズマ密度の分布状態を観察する装置としては、電子及び電界を計測するプローブや各種の光学測定器等を用いている。上記プローブは、その先端をプラズマ内に挿入することによって、挿入部分のプラズマ密度を測定することができる。また、上記光学測定器は、反応室内のプラズマから放出される光を受光することによって、反応室内または反応室内のあるポイントのプラズマ密度を測定することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記のプラズマ処理装置及びプラズマモニタリング装置は、以下のような課題があった。すなわち、上記プラズマ処理装置では、反応室内のプラズマ密度及びプラズマ密度の分布を制御する系にプラズマモニタリング手段が接続されていない。このため、例えば上記プラズマモニタリング手段で反応室内のプラズマ密度をモニタリングしても、この結果をプラズマ処理装置の制御系にフィードバックすることができず、リアルタイムで反応室内のプラズマ密度を制御しながらプラズマ処理を行うことができない。

【0006】そして、反応室に複数のガス導入手段が設けられた上記プラズマ処理装置は、流量制御手段によるガス流量の制御が各ガス導入手段で一括して行われることから、反応室内における反応ガス密度の分布状態を変化させることができない。また、補助コイルが設けられた上記プラズマ処理装置は、上記補助コイルが一連のリング形状であることから、処理表面に対するプラズマ密度の分布中心を移動させることができない。以上のことから、上記のプラズマ処理装置では、処理表面に対してプラズマ密度の分布状態に偏りが有ってもこの偏りを補正することができず、処理表面内で均一にプラズマ処理を行うことができない。

【0007】さらに、上記プラズマモニタリング装置は、反応室内または反応室内のあるポイントのプラズマ密度しか測定することができない。このため、試料の処理表面上のプラズマ密度の分布状態を知るためには、複数点でプラズマ密度の測定を行う必要がある。しかし、この方法では、処理表面上の全面にわたってリアルタイムでプラズマ密度の分布状態を精度良く測定するこ

とができない。

【0008】そこで本発明は、試料の処理表面で均一にプラズマ処理を行うことができるプラズマ処理装置及び試料の処理表面上のプラズマ密度の分布状態を精度良く観察することができるプラズマモニタリング装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の第1のプラズマ処理装置は、プラズマ処理を行う反応室内に補助磁場を形成するための補助コイルが備えられたものであり、試料の処理表面上のモニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態を観察するプラズマモニタリング手段と、記憶手段を有する比較手段とを有している。比較手段には、プラズマモニタリング手段と上記補助コイルの電流制御手段が接続されている。上記記憶手段は、同一プロセスにおけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶するものである。上記比較手段は、上記プラズマモニタリング手段から得られたプラズマ密度の分布状態と上記基準分布状態とを比較して反応室内のプラズマを上記基準分布状態にするために各補助コイルに流す補正電流値を求め、この補正電流値を上記電流制御手段に指示するものである。

【0010】さらに、第2のプラズマ処理装置は、上記と同様の補助コイルを備えたプラズマ処理装置において、この補助コイルを上記反応室内の処理表面を中心にして対向する状態で配置される複数の同極コイルで構成した。これらの各同極コイルは、当該各同極コイルに流す電流をそれぞれ個別に制御する電流制御手段に接続させる。

【0011】上記第2のプラズマ処理装置には、上記第1のプラズマ処理装置と同様のプラズマモニタリング手段、記憶手段及び比較手段を設けても良い。但し、上記比較手段は、各同極コイルに流す補正電流値を個別に求めるものとする。

【0012】次に、本発明の第3のプラズマ処理装置は、反応室の複数箇所に反応ガスのガス導入手段を配置してなるものである。これらの各ガス導入手段には、各ガス導入手段から上記反応室内に導入する反応ガスの流量値を個別に制御する流量制御手段を接続させる。

【0013】上記第3のプラズマ処理装置には、上記第1のプラズマ処理装置と同様のプラズマモニタリング手段と記憶手段と比較手段とを設けても良い。この場合、上記比較手段は、上記プラズマモニタリング手段から得られたプラズマ密度の分布状態と上記基準分布状態とを比較し、比較結果に基づいて反応室内のプラズマ密度の分布状態を上記基準分布状態にするために各ガス導入手段からの補正流量値を個別に求めるものとする。

【0014】さらに、本発明のプラズマモニタリング装置は、プラズマ処理を行う反応室に配置される第1及び第2のカメラと、これらに接続する画像処理手段と、こ

の画像処理手段に接続する出力手段とを有している。上記各カメラは、特定の波長を透過するフィルタが取り付けられ処理表面上のモニタ領域を異なる方向から視野に入れる状態でそれぞれ配置される。上記画像処理手段は、各カメラからの情報を上記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態の情報として処理するものである。上記出力手段は、画像処理手段で得られた上記プラズマ密度の分布状態を表示するものである。

【0015】

【作用】第1のプラズマ処理装置には、プラズマモニタリング手段で観察されたモニタ領域のプラズマ密度の分布状態と上記領域の基準分布状態とを比較して補助コイルに流す補正電流値を求める比較手段が備えられている。この比較手段は、補助コイルの電流制御手段に上記電流値を指示することから、上記補助コイルにはモニタ領域のプラズマ密度の分布状態がフィードバックされ、リアルタイムでプラズマ密度の分布状態が上記基準状態に補正される。

【0016】また、第2のプラズマ処理装置では、試料の処理表面を中心にして配置される複数の同極コイルで上記補助コイルが構成され、それぞれの同極コイルを個別に制御する電流制御手段に接続されている。このため、各同極コイルに流す電流値によって、反応室内の補助磁界の強度と補助磁界の強度中心とが制御される。このため、処理表面に対して制御中心をずらしたプラズマ密度の分布状態の制御が行われる。

【0017】次に、第3のプラズマ処理装置では、複数のガス導入手段のガス流量を個別に制御する流量制御手段が各ガス導入手段に接続されている。このことから、各ガス導入手段から流すガス流量によって、反応室内の反応ガス密度の分布状態が制御される。このため、試料表面に対するプラズマ密度の分布状態が制御される。

【0018】そして、上記第2、第3のプラズマ処理装置にプラズマモニタリング手段、記憶手段及び比較手段とを設けることによって、処理表面に対するプラズマ密度の分布状態が各同極コイルまたは各ガス導入手段にフィードバックされ、モニタ領域のプラズマ密度が基準分布状態に保たれる。

【0019】さらに、本発明のプラズマモニタリング装置には、処理表面上のモニタ領域をそれぞれ異なる方向から視野に入れる第1及び第2のカメラが備えられている。このため、上記画像処理手段で各カメラの各画素毎の輝度情報をプラズマ密度の情報として処理することによって、上記モニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態が得られる。また、各カメラには、特定の波長を透過するフィルタが取り付けられるため、ここで得られるプラズマ密度の分布状態は、プラズマ中の特定の活性種の分布状態になる。そして、上記画像処理手段には出力手段が接続されていることから、上記モニタ領域の活性種の分布状態が上記出力手段に出力される。

【0020】

【実施例】以下、第1実施例のプラズマ処理装置と、これに組み込まれる実施例のプラズマモニタリング装置とを図面に基づいて説明する。ここでは、一例として、図1に示す発散磁場型のECRプラズマ処理装置に、図2に示すプラズマモニタリング装置を組み込む場合を説明する。

【0021】まず図2に基づいて、上記プラズマモニタリング装置の構成を説明する。ここで、図2(1)は上記プラズマ処理装置(1)の反応室(11)内に配置される試料10の処理表面10a及びその周囲部分を上方から見た平面図であり、図2(2)は上記部分をA-A'断面方向から見た図である。

【0022】この図に示すように、プラズマモニタリング装置は、第1のカメラ21と第2のカメラ22とを備えている。各カメラ21、22は、画像処理手段23に接続されている。画像処理手段23には、例えばCRTのような出力手段24が接続されている。

【0023】上記各カメラ21、22は、例えばCCDカメラであり、上記反応室内の所のモニタ領域11aがそれぞれのカメラ21、22の視野21a、22a内に収まり、かつ各視野21a、22aが互いに交差する状態で上記反応室の外部に配置される。ここで、上記モニタ領域11aは、例えば少なくとも試料10の処理表面10aの直上における所定の高さ範囲hとする。この高さ範囲hとは処理表面10aに対してプラズマ処理の影響が及ぶ高さとする。そして、各カメラ21、22の視野21a、22aの中心線21b、22bが、それぞれ直交しかつプラズマ処理の対象となる試料10の処理表面10aに対して平行になるように、当該各カメラ21、22を配置することとする。

【0024】さらに、上記各カメラ21、22のレンズには特定の波長のみを透過するフィルタ25を取り付ける。このフィルタ25は、上記反応室内で発生するプラズマ中に含まれる活性種から放出される特定の波長を透過させるものである。

【0025】例えば、試料10の処理表面10a上に、酸化シリコン膜を成膜する際のプラズマモニタリングを行う場合には、活性種として水素化シリコンから放出される光を透過するフィルタ25を各カメラ21、22毎に用意する。また、観察すべき活性種が複数にわたる場合には、各活性種から放出される光を透過する各フィルタ25を各カメラ21、22毎に用意する。そして、各光が充分に各カメラ21、22で受光される時間毎に、各フィルタが交換されるように構成する。

【0026】また、上記画像処理手段23は、各カメラ21、22からの情報をモニタ領域11aのプラズマ密度の分布状態の情報として処理するものである。この画像処理手段23には各カメラ21、22が接続されている。ここで、上記カメラ21、22の画像は、各視野2

1 a, 21 bの奥行き方向のプラズマ密度が積算された2次元の輝度分布になる。そして、この画像処理手段23には、上記のように視野の奥行きが積算された2次元の画像情報が、同一のモニタ領域11 aに関して2方向から取り入れられる。

【0027】ここでの画像処理は、例えば以下のように行われる。まず、図3(1)のグラフに示すように、上記反応室内の形状及び上記各カメラの視野の広がり考慮して各カメラから送られてくる各画素毎の輝度信号を画像処理し、処理表面上のモニタ領域の奥行きを均一とした場合の高さ範囲hにおける輝度信号に補正する。輝度信号の強弱は、プラズマ密度の工程と対応するため、このグラフではプラズマ密度の2次元の分布状態が輝度信号の濃淡で示される。尚、このグラフでは、例えば上記第1のカメラの視野の中心線(21 b)と直交する幅方向をx方向、上記第2のカメラの視野の中心線(22 b)と直交する幅方向をy方向とする。

【0028】さらに、図3(1)のグラフのように得られたx, y方向の輝度分布を高さ方向で積算し、図3(2)のグラフの実線に示すように上記モニタ領域のx方向とy方向との2方向に関する一次元の輝度分布に変換しても良い。この図において、Oは試料の中心、rは試料の直径を示す。このグラフでは、プラズマ密度の一次元の分布状態が輝度信号の強度で示される。尚、複数の活性種の分布状態を観察する場合には、各活性種毎に上記の画像処理を行う。

【0029】次に、上記図2で示した出力手段24は、例えばCRTからなり、上記のような画像処理で得られた図3(1)や図3(2)のグラフを、処理表面10 a上のプラズマ密度の分布状態として出力するものである。

【0030】上記のように構成された図2のプラズマモニタリング装置2では、処理表面10 aのプラズマ処理に関わるモニタ領域11 aのプラズマを複数のカメラを用いてモニタし、画像処理手段23で処理した情報を出力手段24に出力することで、上記モニタ領域11 aのプラズマの3次元の分布状態を知ることができる。また、各カメラ21, 22には、上記プラズマ中の特定の活性種から放出される光の波長を透過するフィルタ25が取り付けられているため、プラズマ密度の分布状態を各活性種毎に個別に把握することが可能になる。このため、各活性種の分布状態から処理表面10 aでのプラズマ処理の均一性を予測できると共に、各活性種の分布状態に基づいてモニタ領域11 a内の活性種密度の分布状態が均一になるようにプラズマ処理装置のプラズマ制御部を操作することが可能になる。

【0031】上記実施例では、2台のカメラを用いたが、2台に限定されず、3台以上でも良い。この場合、上記モニタ領域11 aを、処理表面10 aの上方または斜め上方から視野に入れるように第3のカメラを配置す

ることによって、モニタ領域11 aのプラズマ密度の分布状態がより正確に把握される。また、各カメラ21, 22の配置状態は、上記に限定されるものではなく、互いに交差する各視野内にモニタ領域11 aが収められれば良い。この他にも、モニタ領域11 aの一方を複数のカメラの視野でカバーするようにしても良い。

【0032】さらに、画像処理手段23での画像処理方法は、上記で示した方法に限るものではなく、例えばプラズマ密度の分布状態を立体画像のようにして出力手段24に出力させてもよい。この場合、例えば少なくとも上記モニタ領域11 aを各カメラの視野に入れる状態で、4台のカメラを正四面体の各頂点に配置する。

【0033】次に、上記のプラズマモニタリング装置をプラズマモニタリング手段として組み込んだ第1実施例のプラズマ処理装置の構成を、図1及び図4に基づいて説明する。図に示すように、プラズマ処理装置1は、反応室11とこれに通じるプラズマ生成室12とを有している。プラズマ生成室12には、プラズマ生成室12内にマイクロ波を伝える導波管12 aとプラズマ生成室12内に磁場を形成する主コイル12 bとが備えられている。

【0034】また、反応室11には、内部に反応ガスを供給する複数のガス導入手段14が接続されている。また、反応室11の周囲には、内部に補助磁場を形成する補助コイル15と、プラズマモニタリング手段となる上記プラズマモニタリング装置2とが配置されている。そして、反応室11の内部には、RF電源13 aが備えられた下部電極13が配置され、この下部電極13上にプラズマ処理を行う試料10が載置される。また、下部電極13には、ここでは図示しない温度調節手段を設けても良い。また、上記補助コイル15は、コイルに流す電流を制御する電流制御手段16に接続されている。

【0035】さらに、上記プラズマ処理装置1には、入力手段17が接続された記憶手段18が備えられている。そして、この記憶手段18と上記電流制御手段16と上記プラズマモニタリング装置2とは、比較手段19に接続されている。

【0036】上記補助コイル15は、プラズマ生成室12に配置される主コイル12 bによって反応室11内に形成される発散磁界に対するカスプ磁界を形成するコイルであり、処理表面10 aに対するプラズマ密度の分布状態を制御するものである。

【0037】この補助コイル15は、複数のカスプコイルからなる同極コイル15 a~15 hで構成されたものでも良い。これらの同極コイル15 a~15 hは、上記反応室11内に配置される試料10の処理表面10 aを中心にして、対向する状態で等間隔に配置されている。

【0038】そして、上記電流制御手段16には、これらの各同極コイル15 a~15 hがそれぞれ接続している。この電流制御手段16は、処理表面10 aに対する

プラズマ密度の分布中心を制御できるように、各同極コイル15a~15h毎に流す電流値を個別に制御するものにする。

【0039】次に、上記記憶手段18は、上記図2で示したモニタ領域(11a)におけるプラズマ密度の基準分布状態を記憶するものである。ここで、基準分布状態とは、試料10の処理表面10aで均一でかつ良好にプラズマ処理が行われた際のプラズマ密度の分布状態であり、例えば同一プロセスで処理された各試料のうち処理状態が良好な試料を処理した際のプラズマ密度の分布状態を基準分布状態として選択したものである。この基準分布状態は、例えば、モニタ領域(11a)における試料10の処理表面10a上に当たる部分で、プラズマ密度の分布状態が一定な状態とする。

【0040】そして、上記比較手段19は上記プラズマモニタリング装置2の、画像処理手段23から得られたプラズマ密度の分布状態と記憶手段18に記憶された基準分布状態とを比較して、その差から上記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態を上記基準分布状態に一致させるために各補助コイル15に流す補正電流値を求め、この補正電流値を上記電流制御手段16に伝達するものである。上記プラズマ密度の分布状態とは、例えばAr, SiH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>等のプラズマ処理に用いられる活性種の分布状態である。また、上記基準分布状態とは、上記活性種の基準分布状態である。

【0041】ここで、上記補正電流値は、例えば以下のようにして求める。例えば補助コイル15に流す電流値の変化量と、上記モニタ領域におけるプラズマ密度の変化量との因果関係に関するデータを各活性種毎に求め、上記記憶手段18に予め記憶させておく。例えば、反応ガスとして50sccmのO<sub>2</sub>をプラズマ生成室12に導入し、反応室11内の圧力を0.27Pa、マイクロ波を1kW、RF出力を2kWに設定して反応室11内にプラズマを発生される。この際、上記補助コイル15の電流量を定量的に変化させ、この変化量に対応するプラズマ密度の変化量を計測する。上記と同様の手法により、プラズマ処理に用いられる活性種となるAr, SiH<sub>4</sub>等の各反応ガスに関しても、電流値の変化量とプラズマ密度の変化量との相関を調べておく。以上のようにして求めたデータに基づいて、プラズマモニタリング装置2によって得られたプラズマ密度の分布状態を上記基準分布状態に合わせるように、補助コイル15に流す補正電流値を求める。

【0042】以下に、図5のフローチャート及び上記図3、図4に基づいて、上記構成のプラズマ処理装置(1)を用いたプラズマ処理の手順を説明する。ここでは、例えば処理表面10aの段差を酸化シリコン膜で埋め込む場合のプラズマ処理を例に取って説明する。

【0043】まず、第1工程S51では、プラズマ処理装置(1)を上記プロセスの基準作動条件で作動させ

る。ここで、基準作動条件とは、例えば、上記プラズマ密度の基準分布状態Aが得られた際の作動条件であり、ここでは一例として、主コイル12bに20A、各同極コイル15a~15hにそれぞれ13.5Aの電流を流す。また、補助コイルとしてここでは図示していないミラーコイルがさらに配置されている場合には、当該ミラーコイルに10Aの電流を流す。これによって、プラズマ処理装置を基準作動条件で作動させ、処理表面10aのプラズマ処理を開始する。そして、ここでは特に各同極コイル15a~15hに流す電流値を基準電流値I0とする。

【0044】次の第2工程S52では、反応室11内のプラズマ密度の分布状態Bを上記プラズマモニタリング装置(2)で観察する。ここでは、プラズマ密度の分布状態として、活性種のうちの一つである水素化シリコンから放出される光(波長λ=431nm)の輝度を観察する。

【0045】その後、第3工程S53では、上記比較手段(19)で上記分布状態Bと上記記憶手段(18)に記憶された基準分布状態Aとを比較し、分布状態B=基準分布状態Aであるか否かを判断する。そして、分布状態B=基準分布状態Aと判断した場合には、第6工程S56に進み、処理の終了と判断されるまで上記基準作動条件でプラズマ処理装置(1)を作動させ、処理表面10aのプラズマ処理を続ける。

【0046】一方、第3工程S53で、分布状態B≠基準分布状態Aと判断した場合には、次の第4工程S54に進む。この第4工程S54では、上記プラズマ密度の分布状態Bを基準分布状態Aに一致させるように、比較手段19で上記各補助コイル15に流す補正電流値I1を求める。例えば、上記分布状態Bが図3(2)の実線で示したようであり、上記基準分布状態Aが図3(2)の点線で示したようである場合、以下のようにする。

【0047】まず、モニタ領域11aにおけるx方向では、基準分布状態Aと比較して分布状態Aの処理表面10aに対するプラズマ密度の分布中心がマイナス方向にずれている。このことから、x方向のプラス側に配置されている同極コイル15eの補正電流値I1を、他の同極コイルの補正電流値I1よりも高く設定し、x方向のプラス側におけるカスプ磁界の磁場強度を強める。一方、モニタ領域11aにおけるy方向では、基準分布状態Aと分布状態Aとの処理表面10aに対するプラズマ密度の分布中心がほぼ一致している。このことから、y方向に配置される同極コイル15cと同極コイル15gとは、x方向のプラス側に配置されている同極コイル15e以外の各同極コイルと同程度に設定する。

【0048】また、処理表面10aに対してプラズマ密度の分布がピークを持っていることから、全ての同極コイル15a~15hの補正電流値I1を上記基準電流値I0よりも高く設定する。これによって、カスプ磁界の



## 11

磁場強度を反応室11の内部で全体的に強め、モニタ領域11a内のプラズマ密度を処理表面10a上で平均化する。

【0049】次に、第5工程S55では、上記各同極コイル15a~15h毎に設定した補正電流値I1を新たな基準電流値I0として各同極コイル15a~15hに流すことを、比較手段(19)から上記電流制御手段(16)に指示する。

【0050】その後、第6工程S56に進み、処理の終了と判断されるまで、更新された基準電流値でI0でのプラズマ処理を続ける。

【0051】以上のように、図1で示したプラズマ処理装置1では、上記のようにして比較手段19で求められた補正電流値I1に基づいて、各同極コイル15a~15hに流す電流を制御する。これによって、反応室11内の磁界が変化して、上記モニタ領域11aのプラズマの分布状態Bが基準分布状態Aに変化する。この際、モニタ領域11aのプラズマの分布状態の変化は、上記プラズマモニタリング装置2から電流制御手段16にフィードバックされ、処理表面10a上のプラズマ密度の分布状態Bは、上記基準分布状態Aに保たれる。これによって、試料10の処理表面10aでは、均一にプラズマ処理が行われる。

【0052】また、上記プラズマ処理装置1のように補助コイル15を複数の同極コイルで構成したプラズマ処理装置では、各同極コイル15a~15hに異なる値の電流を流すことによって、プラズマ密度の分布中心をずらすことができるため、処理表面10aの面積とほぼ同程度の広さの安定領域で当該処理表面10a上をカバーすることが可能になる。このため、プラズマの使用効率の向上とプラズマ処理装置の大型化を防止することができる。

【0053】尚、上記実施例では、電流制御手段16に接続させる補助コイル15としてカスプコイルを用いた。しかし、補助コイル15としては、カスプコイルと共にミラーコイルを用いても良い。ミラーコイルは、反応室11に形成される発散磁界に対してミラー磁界を形成するコイルである。このため、このミラーコイルを用いた場合には、磁界の流れを制御して処理表面に対するプラズマの入射方向を制御することが可能になる。

【0054】また、上記実施例において、各活性種の全体的な密度を変化させる場合には、反応室11内に流す反応ガスの流量を変化させることとする。そして、上記プラズマ処理装置では、ここでは図示しない反応ガス流量の制御手段に、上記比較手段19を接続させることによって、上記反応ガス流量の制御も同時に行うことが可能になる。

【0055】さらに、上記実施例では、補助コイル15を8個の同極コイル15a~15hで構成した場合を説明した。しかし、同極コイルの数は、8個に限定される

## 12

ものではない。ただし、同極コイルの数が多ければ、モニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態の制御性は向上する。また、補助コイル15は、反応室の周囲を取り囲む一連のリング状でも良い。この場合、プラズマ密度の分布状態は、同心円上で制御される。

【0056】次に、第2実施例のプラズマ処理装置を図6に基づいて説明する。ここでは、上記第1実施例で示した発散磁場型のECRプラズマ処理装置を例に取って装置構成を説明する。このプラズマ処理装置、例えば上記第1実施例と同様にプラズマ処理を行う反応室11に設けられた複数のガス導入手段14a~14hに、流量制御手段61を接続させたものである。

【0057】上記ガス導入手段14a~14hは、試料10の処理表面10aを中心にして対向する状態で等間隔で配置されている。各ガス導入手段14a~14hは、例えばガス導入管と流量調節バルブとで構成されている。

【0058】また、上記流量制御手段61は、例えば上記流量調節バルブの開閉を制御するものであり、処理表面に対する反応ガスの供給状態を制御出来るように、各ガス導入手段14a~14h毎に反応ガスの流量を個別に制御するものにする。上記のような流量制御手段61を設けることによって、反応室11内の反応ガス密度の分布状態を制御できるようにする。

【0059】上記流量制御手段61を有するプラズマ処理装置には、図7に示すように上記第1実施例と同様のプラズマモニタリング装置を組み込んでも良い。この場合、プラズマモニタリング装置2と上記流量制御手段61とを比較手段62に接続する。この比較手段62には、上記第1実施例と同様の記憶手段18が接続されている。

【0060】ここで、上記比較手段62は、プラズマモニタリング装置2から得られたプラズマ密度の分布状態と、記憶手段18に記憶された基準分布状態とを比較し、上記第1実施例と同様のモニタ領域のプラズマ密度の分布状態を上記の基準分布状態に一致させるために各ガス導入手段14a~14hから導入する反応ガスの補正流量値を個別に求め、流量制御手段61に各補正流量値を指示するものである。

【0061】図8には、上記のように構成されたプラズマ処理装置3を用いたプラズマ処理の手順を示した。ここでは、上記図8と共に図6を用いてプラズマ処理の手順を説明する。まず、第1工程S81では、上記第1実施例の第1工程(S51)と同様に過去のデータからプラズマ密度の分布状態が基準分布状態Aとなるような基準作動条件でプラズマ処理装置3を作動させる。ただしここでは、反応ガスとして、モノシランガス(SiH<sub>4</sub>)とアルゴンガス(Ar)との混合ガスを各ガス導入手段14a~14hから反応室11内に導入し、一酸化二窒素ガス(N<sub>2</sub>O)をプラズマ生成室(12)内に

13

導入することとする。そして、特に反応ガスの初期の流量値を基準流量値V0とする。

【0062】次に、第2工程S82とこれに続く第3工程S83とを、上記第1実施例の第2、第3工程(S52, S53)と同様に行う。そして、第3工程S83で、プラズマモニタリング装置(2)で観察されたプラズマ密度の分布状態B=基準分布状態Aと判断された場合には、上記と同様の第6工程S86に進み、上記プラズマ密度の分布状態B≠基準分布状態Aと判断された場合には、第4工程S84に進む。

【0063】第4工程S84では、比較手段62によって各ガス導入手段14a~14hから導入する反応ガスの補正電流量値V1を求める。ここでは例えば、上記プラズマ密度の分布状態Bが図3(2)の実線で示したようであり、上記基準分布状態Aが図3(2)の点線で示したようである場合、以下のようにする。まず、モニタ領域11aにおけるx方向では基準分布状態Aと比較して分布状態Bの処理表面10aに対するプラズマ密度の分布中心がマイナス方向にずれている。また、上記反応ガス系による酸化シリコン膜の成膜では、処理表面10a上に成膜される酸化シリコンの膜厚は、モノシランガスの供給状態に律速される。このことから、x方向のプラス側に配置されているガス導入手段14eから導入するモノシランガスの補正流量値V1を、他のガス導入手段から導入するモノシランガスの補正電流量値V1よりも高く設定する。

【0064】次に、第5工程S85では、上記ガス導入手段14a~14h毎に設定した補正流量値V1を新たな基準流量値V0として各ガス導入手段14a~14hから反応室11内に流すことを、比較手段62から上記流量制御手段61に指示する。

【0065】その後、第6工程S86に進み、処理の終了と判断されるまで、更新された基準流量値V0でのプラズマ処理を続ける。

【0066】このように、図7で示したプラズマ処理装置3では、上記のようにして比較手段62で求められた補正電流量値V1に基づいて各ガス導入手段14a~14hに流す反応ガスの流量を制御する。これによって、反応室11への反応ガスの供給状態が変化するため、上記モニタ領域の活性種の分布状態Bが基準分布状態Aに変化する。この際、モニタ領域11aの活性種の分布状態の変化は、上記プラズマモニタリング装置2から流量制御手段61にフィードバックされ、処理表面10a上のプラズマ密度の分布状態Bは、上記基準分布状態Aに保たれる。そして、試料10の処理表面10aでは、均一にプラズマ処理が行われる。

【0067】上記各実施例では、処理表面に膜を形成する場合に用いるプラズマ処理装置を例にとって説明を行った。しかし、本発明はこれに限るものではなく、処理表面をエッチングする際に用いるプラズマ処理装置にも

14

適用可能である。また、上記各装置の構成要素は、それぞれ通信可能であれば接続状態にする必要はない。

【0068】

【発明の効果】以上、説明したように本発明の第1のプラズマ処理装置によれば、プラズマモニタリング手段で観察されたプラズマ密度の分布状態を基準分布状態に一致させるために反応室の周囲に配置した補助コイルに流す電流量値を得る比較手段を設け、補助コイルの電流制御手段にこの比較手段を接続させた構成にすることによって、反応室内のプラズマ密度の分布状態をリアルタイムで制御することが可能になる。このため、反応室内のプラズマ密度の分布状態を基準分布状態に保ちながらプラズマ処理を行うことができる。したがって、精度良くプラズマ処理を行うことが可能になる。

【0069】また、本発明の第2のプラズマ処理装置によれば、反応室内に補助磁場を形成するための補助コイルを複数の同極コイルで構成しそれぞれのコイルに流す電流を個別に制御する電流制御手段を設けたことによって、各同極コイルの電流量値を個別に変化させて処理表面に対するプラズマ密度の分布状態を均一にすることができる。したがって、試料の処理表面内で均一なプラズマ処理を行うことが可能になる。

【0070】そして、本発明の第3のプラズマ処理装置によれば、複数のガス導入手段のガス流量を個別に制御する流量制御手段を各ガス導入手段に接続させたことによって、各ガス導入手段から流し込む反応ガスの流量を変化させて処理表面に対するプラズマ密度の分布状態を均一にすることができる。したがって、試料の処理表面内で均一なプラズマ処理を行うことが可能になる。

【0071】さらに、上記第2、第3のプラズマ処理装置に上記第1のプラズマ処理装置と同様のプラズマモニタリング手段、記憶手段及び比較手段を設けることによって、処理表面上のプラズマ密度の分布状態を基準分布状態に保ちながらプラズマ処理装置をリアルタイム制御することが可能になる。これによって、上記と比較してさらに精度良くプラズマ処理を行うことが可能になる。

【0072】また、本発明のプラズマモニタリング装置によれば、処理表面上のモニタ領域をそれぞれ異なる方向から視野に入れる状態で第1及び第2のカメラを反応室の周囲に配置することによって、上記モニタ領域のプラズマ密度の分布状態を精度良くリアルタイムで得ることが可能になる。また、各カメラには、特定の波長を透過するフィルタが取り付けられるため、プラズマ処理に関わる特定の活性種の分布状態が得られる。そして、これらのカメラに出力手段を有する画像処理手段を接続することによって、上記モニタ領域におけるプラズマ密度の分布状態をリアルタイムで観察することが可能になる。したがって、処理表面上の全面にわたるプラズマ密度の分布状態をリアルタイムで精度良く検知することが可能になる。

16

## 2 プラズマモニタリング装置

10 試料

10 a 处理表面

## 11 反應室

11a モニタ領域

14, 14a, 14b, 14c, 14d ガス導入手段

## 15 補助コイル

15a, 15b, 15c, 15d 同極コイル

## 1.6 電流制御手段

1.8 記憶手段

19.62 比較手段

## 2.1 第1のカメラ

2.2 第2のカメラ

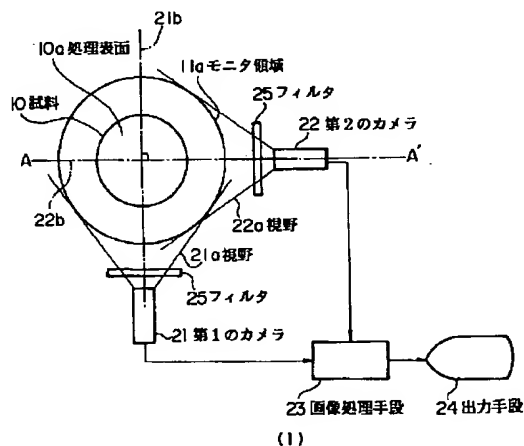
23 画像処理手段

24 出力手段

25 フィルタ

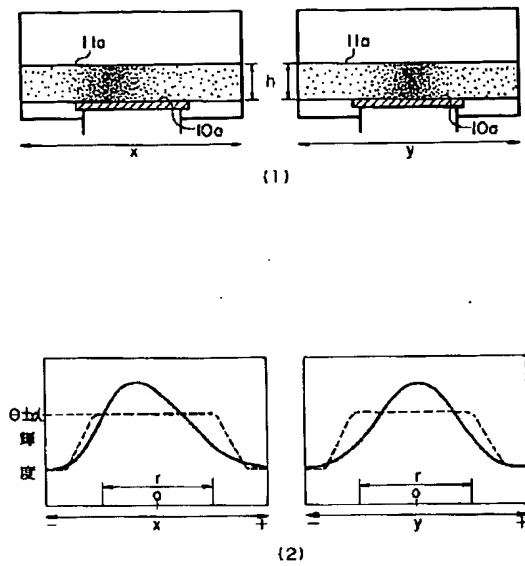
## 6.1 流量制御手段

【图2】



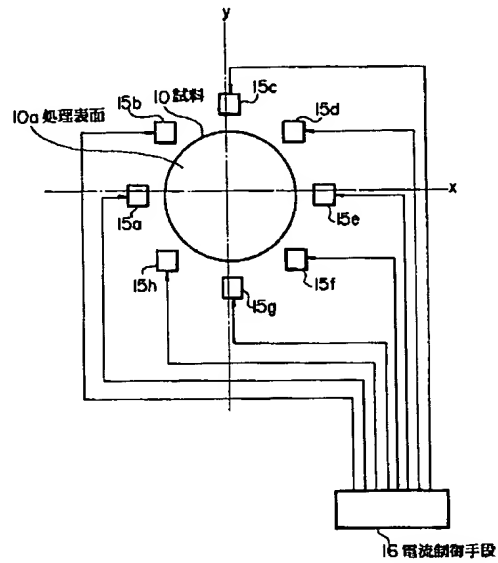
### プラズマモニタリング装置の構成図

【図3】



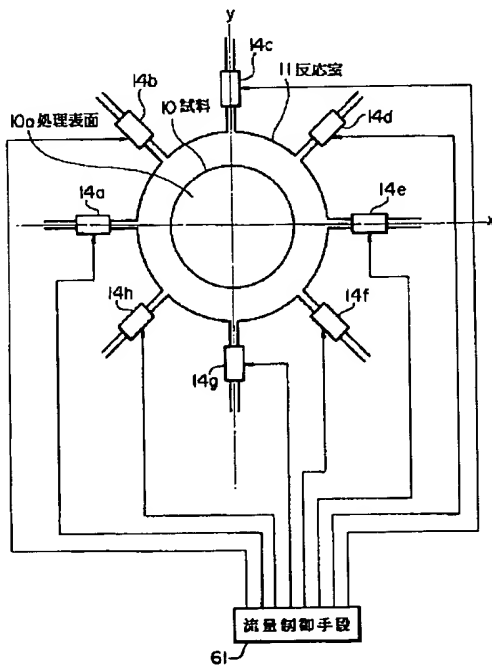
プラズマの分布状態を示すグラフ

【図4】



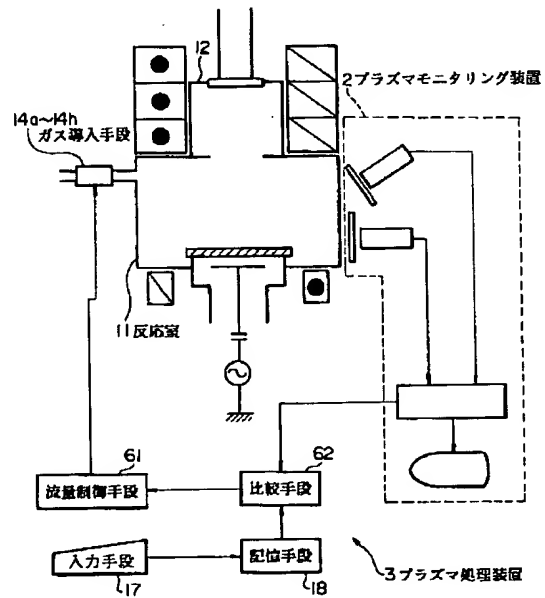
第1実施例のプラズマ処理装置の要部構成図

【図6】



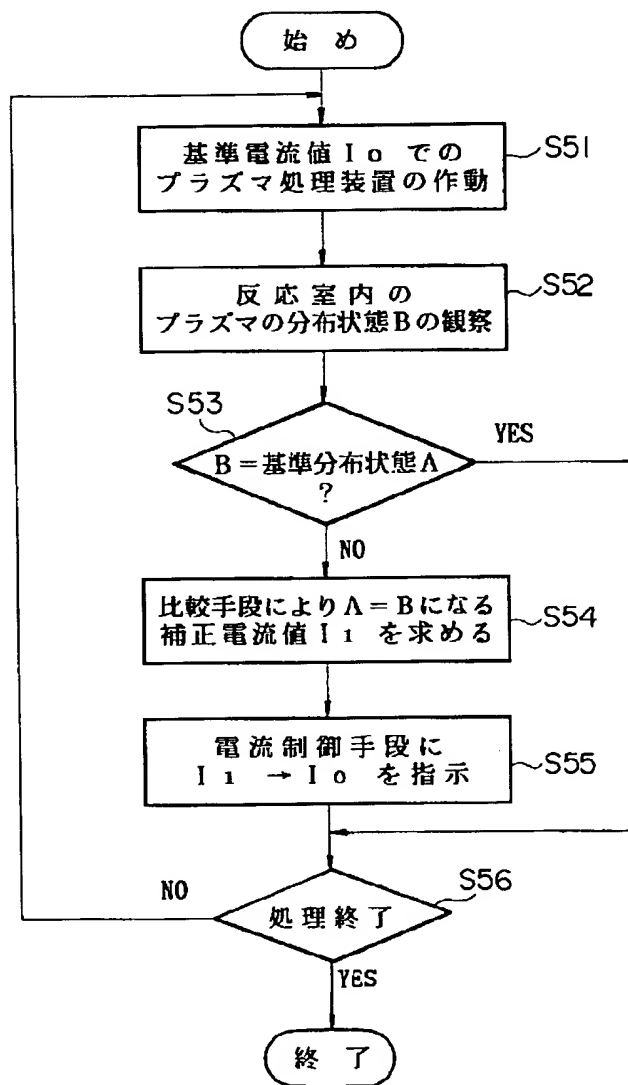
第2実施例のプラズマ処理装置の要部構成図

【図7】



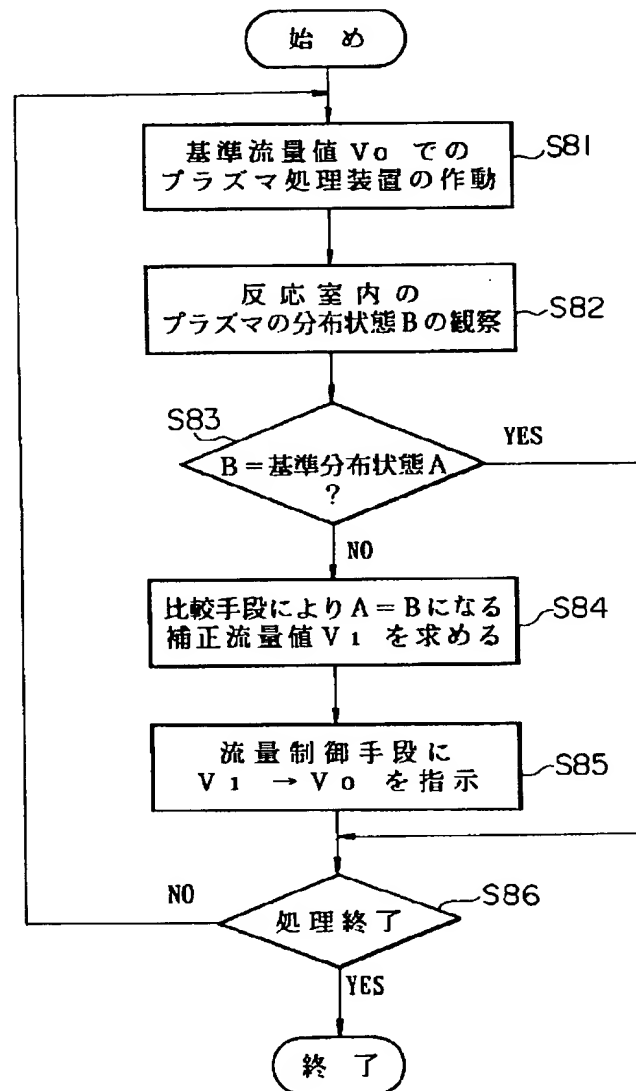
第2実施例のプラズマ処理装置の構成図

【図5】



プラズマ処理の手順を示すフローチャート

【図8】



プラズマ処理の手順を示すフローチャート

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

H05H 1/46

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

L 9216-2G

A 9216-2G